

усилением поглощения влаги растениями, транспорта и транслокации макроэлементов и других веществ в надземные органы растений, поступлением в растения и распределением по органам  $C_{60-tm}$ , содержащего физиологически активные органические соединения, потенциально включаемые в циклические процессы катаболизма растений, оптимизацией работы антиоксидантных систем растений.

#### Список литературы

1. *Silion M., Dascalu A., Pinteala M. et al. // Beilstein Journal of Organic Chemistry. 2013. № 9. P. 1285–1295.*
2. *Semenov K. N., Meshcheriakov A. A., Charykov N. A. et al. // RSC Advances. 2017. № 7. P. 15189–15200.*
3. *Panova G. G., Ktitirova I. N., Skobeleva O. V. et al. // Plant Growth Regulation. 2016. Vol. 79, № 3. P. 309–317.*
4. *Jia S., Wang Y., Hu J. et al. // Plant Physiology and Biochemistry. 2016. № 106. P. 316–326.*
5. *Пузанский Р. К., Емельянов В. В., Шаварда А. Л. и др. // Физиология растений. 2018. Т. 65, № 6. С. 451–462.*

*\* Работа выполнена при поддержке грантов: грант Президента РФ для молодых ученых MD-2175.2018.3и грант РФФИ № 18-33-20238 мол\_а\_вед.*

УДК 581.192

**Д. В. Кочкин<sup>1, 2</sup>, Е. С. Глаголева<sup>1</sup>, Е. Б. Глоба<sup>2</sup>, Е. В. Демидова<sup>2</sup>,  
А. Г. Ключин<sup>2</sup>, Б. А. Галишев<sup>3</sup>, А. М. Носов<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup>*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,  
119234, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12,  
dmitry-kochkin@mail.ru,*

<sup>2</sup>*Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН,  
127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 35,*

<sup>3</sup>*Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
620026, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48*

### **ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ДИТЕРПЕНОИДОВ И ТРИТЕРПЕНОИДОВ В КУЛЬТУРАХ КЛЕТОК ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ *DIOSCOREA DELTOIDEA*, *PANAX SPP.* И *TAXUS SPP.*)\***

**Ключевые слова:** культура клеток растений, дитерпеноиды, тритерпеноиды, гинзенозиды, таксоиды.

Изопреноиды составляют одну из самых больших структурных групп вторичных метаболитов растений (насчитывает более 20 000 индивидуальных соединений) [1]. Для растений характерна весьма сложная организация метаболизма изопреноидов: известно два пути их биосинтеза, локализованных в разных компартментах растительной клетки [2]. Разнообразие изопреноидов в интактных растениях в настоящее время описано довольно подробно [3]. При этом отдельную фундаментальную задачу представляет изучение закономерностей формирования структурного разнообразия изопреноидов в культурах клеток растений *in vitro* [1].

Настоящая работа посвящена комплексному изучению состава дитерпеноидов и тритерпеноидов в культурах клеток следующих лекарственных растений:

- диоскорея (*Dioscorea deltoidea*) – продуцент стероидных гликозидов;
- несколько видов женьшеня (*Panax ginseng*, *P. japonicus* var. *repens* и *P. vietnamensis*) – продуценты тритерпеновых гликозидов (гинзенозидов);
- несколько видов тиса (*Taxus baccata*, *T. canadensis*, *T. wallichiana*) – продуценты дитерпеноидов таксанового ряда (таксоидов).

Установлено, что для культур клеток *D. deltoidea* и видов *Taxus* spp. характерно изменение (по сравнению с интактным растением) профиля вторичных метаболитов. Так, например, в культуре клеток диоскореи отмечается большее структурное разнообразие фураностаноловых гликозидов (одновременное накопление дельтозида, протодиосцина, их 25(*S*)-изомеров и ацилированных форм протодиосцина) по сравнению с органами растений *D. deltoidea*. В культивируемых *in vitro* клетках *Taxus* spp. преимущественно образуются 14-гидроксильированные таксоиды (для интактных растений тиса характерно накопление 13-гидроксильированных таксоидов). В то же время для большинства культур клеток *Panax* spp. показано образование практически всех основных структурных типов гинзенозидов, характерных для соответствующих видов женьшеня. Например, в биомассе культуры клеток *P. japonicus* var. *repens* идентифицированы как «мажорные» (практически всегда обнаруживаются у видов женьшеня в достаточно высоких концентрациях) гинзенозиды группы 20(*S*)-протопанаксатриола, 20(*S*)-протопанаксацидиола и олеаноловой кислоты (например, гинзенозиды Rg<sub>1</sub>, Re, Rb<sub>1</sub>, Rc, Rb<sub>2</sub>/Rb<sub>3</sub>, Rd, малонил-Rb<sub>1</sub>, R0 и другие), так и «минорные» (редко встречающиеся в интактных растениях, как правило, в исчезающе малых количествах) гинзенозиды (20-глюкозил-гинзенозид Rf, нотогинзенозиды R1 и R2, изомеры малонил-Rg<sub>1</sub> и другие).

Таким образом, установлено, что в культивируемых *in vitro* клетках *D. deltoidea*, *Panax* spp. и *Taxus* spp. сохраняется способность к образованию специфичных для соответствующих растений тритерпеноидов (стероидных и тритерпеновых гликозидов) или дитерпеноидов (таксоидов). Однако во многих случаях в культурах клеток отмечается изменение (по сравнению с интактными растениями) компонентного состава накапливаемых изопреноидов. Причины, обуславливающие эту закономерность, требуют дальнейшего изучения.

#### Список литературы

1. Nosov A. M., Popova E. V., Kochkin D. V. Isoprenoid production via plant cell cultures: Biosynthesis, accumulation and scaling-up to bioreactors // Production of Biomass and Bioactive Compounds Using Bioreactor Technology. 2014. P. 563–623.
2. Zhao L., Chang W.-C., Xiao Y. et al. // Annual Review of Biochemistry. 2013. Vol. 82. P. 497–530.
3. Hemmerlin A., Harwood J. L., Bach T. J. // Progress in lipid research. 2012. Vol. 51. P. 95–148.

*\* Работа выполнена на базе «Научно-производственного биотехнологического комплекса для проведения работ по изучению, сохранению и практическому применению культивируемых клеток и органов высших растений и микроводорослей при финансовой поддержке Мегагранта Правительства Российской Федерации» (Соглашение № 075-15-2019-1882) и при поддержке гранта РФФИ (№18-54-06021 Аз\_а).*

УДК 58.006

**Т. Ф. Оконешникова, Г. С. Стефанович, В. В. Валдайских,  
В. П. Рымарь, Р. В. Михалищев,  
М. В. Палтусова**

*Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28,  
v\_vald@mail.ru*

#### **ВИДЫ-ИНТРОДУЦЕНТЫ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ\***

**Ключевые слова:** интродукция, селекция, лекарственные растения, пищевые растения, ботанические сады.